

D6

51

Int. Cl. 2:

C 25 D 5/18

C 25 D 21/12

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Verbleibende Eigentums

DE 27 39 427 A 1

11

Offenlegungsschrift 27 39 427

21

Aktenzeichen:

P 27 39 427.0

22

Anmeldetag:

1. 9. 77

43

Offenlegungstag:

2. 3. 78

30

Unionspriorität:

32 33 31

1. 9. 76 Japan 51-104724

14. 12. 76 Japan 51-150051

10. 6. 77 Japan 52-69129

54

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung für galvanischen Niederschlag

71

Anmelder:

Inoue-Japax Research Inc., Yokohama, Kanagawa (Japan)

74

Vertreter:

Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Lamprecht, K., Dipl.-Ing.;
Beetz jun., R., Dr.-Ing.; Heidrich, U., Dipl.-Phys. Dr.jur., Rechtsanw.;
Timpe, W., Dr.-Ing.; Siegfried, J., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte,
8000 München

72

Erfinder:

Inoue, Kiyoshi, Tokio

2739427

- 15 -

Ansprüche
=====

1. Verfahren zum galvanischen Niederschlagen,
dadurch gekennzeichnet,
daß elektrischer Strom in Form von Impulsen zwischen einem
Werkstück und einer diesem gegenüber angeordneten Elektrode
bei Vorhandensein eines Elektrolyten zugeführt wird, wobei
die Impulse eine Impulsdauer von höchstens 100 μ s besitzen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine
Impulsdauer zwischen 1 und 50 μ s.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
daß die Impulspause bzw. der Zeitabstand zwischen benachbarten
Impulsen mehr als zweimal länger ist, als die Impulsdauer.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
gekennzeichnet, daß ein Impuls umgekehrter Polarität zwischen
benachbarten Impulsen der normalen Polarität zwischengefügt
wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
gekennzeichnet, daß zumindest einer der Impulsparameter
verändert wird abhängig von zumindest einem der elektrischen
Parameter, die der Spaltbedingung zwischen der Elektrode
und dem Werkstück entsprechen.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß
die Impulsparameter die Impulsdauer, die Impulspause und/oder
die Impulsamplitude sind.

809809/1104

ORIGINAL INSPECTED

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Spaltparameter der Spaltstrom, die Spaltspannung und/oder die Spaltimpedanz sind.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrolyt im Bereich der galvanischen Niederschlagung mit einer Strömungsgeschwindigkeit über 5 m/s gefördert wird.
9. Vorrichtung für galvanischen Niederschlag, gekennzeichnet durch
eine Gleichspannungsquelle (11),
eine elektronische Schalteinrichtung (12), die mit der Gleichstromquelle (11) und einem Spalt (G) für galvanischen Niederschlag zwischen einer Elektrode (2, 13) und einem Werkstück (1, 14) reihengeschaltet ist, und
einen Impulsgenerator (16), der mit der elektronischen Schalteinrichtung (12) zu deren Einschaltung und Ausschaltung verbunden ist, um über den Spalt (G) für galvanischen Niederschlag einen elektrischen Strom in Form von Impulsen einer Impulsdauer von höchstens 100 μ s zu führen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichstromquelle (11) einen Spannungsregler enthält.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch eine auf einen elektrischen Parameter ansprechende Einrichtung (17, 18, 19; 18, 20, 21; 18, 22, 23, 24; 17a, b, c, 26, 27, 28, 29, 30, 31), wobei der Parameter der Bedingung des Spalts (G) für galvanischen Niederschlag entspricht, um aufgrund dessen ein Signal zu erzeugen zum Ver-

ändern eines Parameters der Impulse abhängig von diesem Signal.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung einen Zerkhackerkreis (20, 21) aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung einen Fühlerwiderstand (18) der auf den durch den Spalt (G) fließenden Strom anspricht zur Erzeugung einer Signalspannung, eine Bezugsspannungsquelle (24, 26) und eine Einrichtung zur Veränderung der Ausgangsfrequenz des Impulsgenerators (16) abhängig von der Signalspannung und der Bezugsspannung aufweist zur Veränderung der Impulse.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung einen Fühlerwiderstand (28), der mit dem Spalt (G) verbunden ist, um ein die Spaltbedingung wiedergebendes Signal zu erzeugen, und eine Schwellenwert-schaltung (30a, 30b, 30c) aufweist, die dem Fühlerwiderstand (28) zugeordnet ist, um die Spaltbedingung in zumindest zwei Klassen aufzuteilen, und daß der Impulsgenerator (16) mehrere Impulsparameter einstellende Glieder (Paare 16a, 16b, 16c) aufweist, die selektiv betätigbar sind, abhängig vom Ausgangssignal der Schwellenwertschaltung (30a, 30b, 30c), um eine Veränderung der Impulse zu erreichen.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, gekennzeichnet durch eine Pumpe zur Förderung des Elektrolyten im Bereich des Spaltes (G) mit einer Strömungsgeschwindigkeit von über 5 m/s.

BEETZ - LAMPRECHT - BEETZ
8000 München 22 - Steinsdorfstr. 10
TELEFON (089) 22 72 01 - 22 72 44 - 29 59 10
Telex 522048 - Telegramm Allpatent München

PATENTANWÄLTE

Dipl.-Ing. R. BEETZ sen.
Dipl.-Ing. K. LAMPRECHT
Dr.-Ing. R. BEETZ jr.
Dipl.-Phys. U. HEIDRICH
auch Rechtsanwalt
Dr.-Ing. W. TIMPE
Dipl.-Ing. J. SIEGFRIED

4

581-27.257P

1. 9. 1977

Inoue-Japax Research Incorporated, Yokohamashi, Kanagawaken
(Japan)

Verfahren und Vorrichtung für galvanischen Niederschlag

Die Erfindung betrifft ein Verfahren für elektrischen oder galvanischen Niederschlag bzw. Metallabscheidung sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Bei einem bekannten Impuls-Niederschlagverfahren, fließt der elektrischer Strom in Form einer Impulsfolge zwischen einem Substrat oder Werkstück und einer Elektrode, die mit Abstand dazu angeordnet ist, bei Anwesenheit eines Elektrolyten (vgl. JA-PS 40-8801, JA-PS 48-5529). Dieses Impuls-Niederschlagen ist vorteilhaft, da dadurch eine wirksame Ionen-Regelung bzw. -Steuerung im niederschlagenden Elektrolyten möglich ist, wodurch der Niederschlagungsvorgang mit höherer Geschwindigkeit und Genauigkeit durchgeführt werden kann. Diese Wirkungen werden weiter erhöht, wenn der flüssige Elektrolyt so zugeführt wird, daß er durch die Niederschlagungszone mit höherer Strömungsgeschwindigkeit tritt, wodurch die Niederschlagung mit höherer Stromdichte durchgeführt werden kann.

581-(A541)-MeF

809809/1104

- 2 -
5

Die Impulsdauer oder -breite der beim Impuls-Niederschlagungsverfahren bisher verwendeten Impulse ist relativ lang, wegen der Verwendung einer Stromversorgung handelsüblicher Ausgangsfrequenz, und ob die Impuls-Einschaltzeit, die Impuls-Ausschaltzeit und/oder die Frequenz kritisch sein können, ist praktisch noch nicht untersucht worden.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art so durchzuführen, daß optimale Ergebnisse erhältlich sind, sowie eine dazu geeignete Vorrichtung anzugeben.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß bessere Niederschlagungsergebnisse erhalten werden können, wenn Impuls-Parameter innerhalb bestimmter Bereiche gewählt werden. Der Elektroniederschlag oder galvanische Niederschlag auf Flächen auch von tiefen Vertiefungen oder Nuten wird dadurch mit einer Gleichmäßigkeit erreicht, die bisher nur mit nichtelektrischen oder chemischen Plattierv Verfahren möglich war, die relativ zeitaufwendig sind.

Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zum galvanischen Niederschlagen angegeben, bei dem ein elektrischer Strom in Form von Impulsen zwischen einem Werkstück und einer dem gegenüber mit Abstand angeordneten Elektrode bei Vorhandensein eines flüssigen Elektrolyten angelegt wird, zur Bildung einer elektrolytisch niedergeschlagenen Schicht auf dem Werkstück, wobei die Impulse eine Impulsdauer oder Impulsbreite von höchstens 100 μ s besitzen.

Die Impulsbreite liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 1 und 50 μ s. Die Impuls-Ausschaltzeit oder Impulspause

- 8 -
6

ist vorzugsweise mindestens um das Zweifache länger als die Impulsbreite oder Impulsdauer.

Die Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten im Bereich der galvanischen Niederschlagung liegt vorzugsweise über 5 m/s.

Vorzugsweise wird ein Impuls entgegengesetzter Polarität zwischen benachbarten Impulsen der normalen Polarität zugeführt.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält eine Gleichstromquelle, eine Schalteinrichtung zur Einschalt-Ausschalt-Steuerung des Ausgangssignals der Gleichstromquelle und einen Impulsgeber zum Zuführen von Umschalt-Steuerimpulsen zur Schalteinrichtung. Die Gleichstromquelle kann vorzugsweise ein Spannungsstabilisierungsglied aufweisen.

Die Vorrichtung enthält vorteilhaft eine Einrichtung, die auf einen elektrischen Parameter anspricht, der repräsentativ für die Bedingung des galvanischen Niederschlagungsspalts zwischen der Elektrode und dem Werkstück ist. Diese Einrichtung kann beispielsweise ein mit dem Spalt und einer Spannungsquelle reihengeschalteter Widerstand sein zum Erfassen der Größe des galvanischen Niederschlagungsstroms, der durch den Spalt fließt, oder kann ein parallel zum elektrischen Niederschlagungsspalt geschalteter Widerstand sein zur Erfassung der anliegenden Spannung.

Das die Spalt-Bedingung wiedergebende elektrische Signal kann zum Verändern der grundlegenden Umschalt-Steuerimpulse

so verwendet werden, daß ein Parameter der galvanischen Niederschlagungsstromimpulse verändert wird, z. B. die Impulsdauer, die Impulspause und/oder die Impulsamplitude abhängig von der Spalt-Bedingung derart, daß die galvanische Niederschlagung unter optimaler Bedingung durchgeführt werden kann.

Die elektronische Schalteinrichtung kann daher an ihrem Eingang oder ihren Steuerelektroden Logikglieder aufweisen, die zwei Eingangsanschlüsse besitzen, deren einer vom Impulsgenerator zugeführte grundlegende Umschalt-Steuerimpulse und deren anderer ein vom Spaltbedingungs-Erfassungsglied zugeführten Steuersignal empfängt, um veränderte Impulse über den Spalt zu führen. Andererseits kann der Impulsgenerator auch mehrere Zeitkonstantenglieder aufweisen, die die Impulsdauer und/oder Impulspause bestimmen und selektiv betätigbar sind, abhängig von der Spaltbedingungs-Erfassungseinrichtung.

Die Erfindung wird anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch im Schnitt ein galvanisches Impuls-Niederschlagungssystem zur Erläuterung der Erfindung;

Fig. 2 eine Darstellung von Versuchsergebnissen von galvanischer Impuls-Niederschlagung bei Verwendung des Systems gemäß Fig. 1;

Fig. 3 schematisch im Schnitt eine der Fig. 1 ähnliche Vorrichtung;

Fig. 4 eine Darstellung weiterer Versuchsergebnisse bei galvanischer Impuls-Niederschlagung;

- 8 -
8

Fig. 5 bis 7 Schaltbilder verschiedener Ausführungsbeispiele zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 8 ein Schaltbild eines weiteren Impulssystems zur Durchführung der Erfindung;

Fig. 9 schematisch eine Darstellung der Impulsverläufe, die gemäß einer Weiterbildung der Erfindung verändert werden.

In Fig. 1 ist ein Substrat oder Werkstück 1 dargestellt, das eine Vertiefung oder Nut 1a mit der Tiefe D und der Breite H besitzt, das beschichtet bzw. auf dem niedergeschlagen werden soll. Eine Elektrode 2 ist benachbart zum Werkstück 1 angeordnet und mit einer Bohrung und Öffnung 2a dargestellt, durch die ein flüssiger Elektrolyt 3 dem Bereich des Werkstücks 1 mittels einer (nicht dargestellten) Pumpe mit hoher Strömungsgeschwindigkeit zugeführt wird. Ein Abstand oder Spalt, der zwischen dem Werkstück 1 und der Elektrode 2 gebildet ist, ist im allgemeinen konstant gehalten mittels einer Steuer- oder Regeleinheit (vgl. JA-PS 38-12823). Anschlüsse 4 sind dargestellt, die eine Reihe oder Folge elektrischer Impulse über das Werkstück 1 und die Elektrode 2 führen, wobei die Impulse eine Impulsbreite oder Impulsdauer besitzen, die höchstens 100 μ s, vorzugsweise zwischen 1 und 50 μ s, vorzugsweise zwischen 1 und 10 μ s beträgt. Der Impulsabstand oder die Impulspause ist vorzugsweise mehr als das Zweifache länger als die Impulsdauer.

Bei diesen Bedingungen wird eine gleichförmige Schicht 5 elektrolytisch bei einem Nutzen/aufweisenden Werkstück 1 erzeugt mit einem D/H-Verhältnis, das beispielsweise 10/1 beträgt.

Fig. 2 zeigt Untersuchungsergebnisse in Form einer graphischen Darstellung, bei der das D/H-Verhältnis einer

809809/1104

- 8 -

9

erhältlichen Beschichtung längs der Ordinate aufgetragen ist gegenüber der Impulsdauer oder Impulsbreite, τ_{on} , die in μs längs der Abszisse aufgetragen ist. Der verwendete Elektrolyt war Nickelsulfat oder -sulfonate (Sulfonicnickel und der Spalt zwischen der Werkstückfläche und der Elektrode war auf 40 mm gehalten bei einer Stromdichte von 5 A/cm^2 . In der Darstellung sind die Kurven a, b, c, d, e, f Ergebnisse der Impuls-Niederschlagung unter den folgenden Bedingungen:

- (a) $\tau_{on} / \tau_{off} = 1/2$
- (b) $\tau_{on} / \tau_{off} = 1/3$
- (c) $\tau_{on} / \tau_{off} = 1/4$
- (d) $\tau_{on} / \tau_{off} = 1/4$ bei einer Elektrolyt-Strömungsgeschwindigkeit von 3 m/s,
- (e) $\tau_{on} / \tau_{off} = 1/4$ mit einer Elektrolyt-Strömungsgeschwindigkeit von 5 m/s,
- (f) $\tau_{on} / \tau_{off} = 1/4$ mit einer Elektrolyt-Strömungsgeschwindigkeit von 7 m/s.

Für jede Kurve ergibt sich, daß mit Abnahme der Impulsdauer oder Impulsbreite der Wert D/H zunimmt und daß diese Tendenz besonders deutlich wird bei Impulsen mit einer niedrigen Impulsbreite wie $100 \mu s$. Es ist ebenso festzustellen, daß der Wert D/H zunimmt mit zunehmendem Impulsdauer/Impuls-Verhältnis und wenn dieses Verhältnis geringer als $1/2$ ist, ergibt sich kein merkbarer Effekt durch die Verwendung von Impulsen. Es ist weiter festzustellen, daß der Wert D/H zunimmt mit länger werdender Impulspause bei gegebener Impulsdauer. Die Kurven d, e und f zeigen, daß ein Spülen oder Strömen des Elektrolyten 5 bessere Ergebnisse erreicht, wobei diese Neigung erheblich wird, wenn die Strömungsgeschwindigkeit auf 5 m/s erhöht wird.

809809/1104

- 7 -

10

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ähnlich dem gemäß Fig. 1. Mit einer derartigen Vorrichtung wurden Versuche durchgeführt. Das Werkstück 1 besaß eine Tiefe von 20 mm und eine Breite von 20 mm. Die Elektrode 2 war mit Abstand 10 mm vom Werkstück 1 angeordnet. Der Elektrolyt enthielt 220 g/l von CuSO_4 und 70 g/l von H_2SO_4 und besaß eine Temperatur von 25 °C. Die Impulse besaßen ein Impulsdauer/Impulspausen-Verhältnis von 1/30 und eine Stromdichte von $12\text{A}/\text{dm}^2$.

Zur Bestimmung der Gleichmäßigkeit der galvanischen Niederschlagung über die gesamte Fläche wurden die Dicke der niedergeschlagenen Schicht aus der oberen Fläche S und die Dicke D' der niedergeschlagenen Schicht am Boden der Vertiefung oder Nut 1a gemessen. Die Ergebnisse sind in Fig. 4 graphisch dargestellt, wobei das Verhältnis S/D' und der Niederschlagungs-Wirkungsgrad η längs der Ordinate aufgetragen sind gegenüber der Impulsdauer in μs , die längs der Abszisse aufgetragen ist. Die Strichlinienkurven zeigen Ergebnisse, bei denen ein Impuls entgegengesetzter Polarität in jedem Intervall zwischen aufeinanderfolgenden Impulsen regelmäßiger Polarität angeordnet waren.

Die Darstellung zeigt, daß das Verhältnis S/D' annähernd 1 beträgt bei Impulsen einer Impulsdauer zwischen 0,1 und 10 μs und steil zunimmt, wenn die Impulsdauer 50 μs überschreitet, wodurch es schwierig wird, eine Niederschlagung in einer Nut oder Vertiefung zu erreichen. Andererseits wird der Niederschlagungs-Wirkungsgrad verbessert mit zunehmender Impulsdauer. Folglich werden die besten Ergebnisse erreicht, wenn die Impulsdauer im Bereich zwischen 1 und 50 μs gewählt wird.

8.09809/1104.

In den Fig. 5 bis 7 sind verschiedene Schaltungsanordnungen wiedergegeben, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet sind.

Die Schaltungsanordnung gemäß Fig. 5 weist Eingangsanschlüsse 10a und 10b auf, die von einer handelsüblichen Stromquelle Wechselstrom zuführen, und einen Spannungsregler 11, der über seine Ausgangsanschlüsse 11a, 11b eine Gleichspannung oder ein Ausgangssignal konstanter Amplitude abgibt. Der Spannungsregler 11 ist dabei von üblicher Bauart (vgl. z. B. US-PS 3 947 753).

Mit den Ausgangsanschlüssen 11a und 11b des Spannungsreglers 11 sind in Reihe geschaltet ein Strombegrenzwiderstand R, eine wie dargestellt von einem Transistor, von einem Thyristor oder ^{von} einem anderen elektronischen Schaltelement gebildete Schalteinrichtung 12 und ein Niederschlagungsspalt G, der durch eine Elektrode 13 und ein Werkstück 14 gebildet ist, die einander gegenüberliegend in einem Niederschlagungsbad eines Elektrolyten 15 angeordnet sind. Damit der Niederschlagungs-Elektrolyt zwangsweise in den Bereich des Spalts G strömt, können eine (nicht dargestellte) Pumpe und (nicht dargestellte) Leitungen zu deren Kopplung mit dem Bad des Elektrolyten 15 vorgesehen sein.

Die Schalteinrichtung wird mittels eines Impulsgenerators 16 ein- und ausgeschaltet, wobei der Impulsgenerator 16 Steuer- oder Regelimpulse einer vorgegebenen Einschaltzeit und vorgegebener Ausschaltzeit in den oben genannten Bereichen abgibt, um über die Elektrode 13 und das Werkstück 14 den Niederschlagungsstrom in Form eines Pulses entsprechender Impulsdauer und Impulspause abzugeben, wobei die Amplitude mittels des Widerstands R eingestellt wird.

809809/1104

- 8 -
12

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird der impulsförmige Niederschlagungsstrom für die galvanische Niederschlagung abhängig von Änderungen der Niederschlagsbedingung modifiziert oder verändert. Dabei kann die Amplitude, die Impulsdauer und/oder die Impulspause der Niederschlagungsimpulse gesteuert oder geregelt werden abhängig von der Spaltspannung, vom Spaltstrom und/oder von der Impedanz zwischen der Elektrode 13 und dem Werkstück 14, die einer Änderung abhängig -von Änderungen der galvanischen Niederschlagsbedingungen unterliegen.

Die Schaltungsanordnung gemäß Fig. 5 ist dabei so ausgebildet, daß sie auf den Spaltstrom anspricht, und ist dazu mit einem Fühlerwiderstand 18 versehen, der in Reihe mit der Schalteinrichtung 12 und dem galvanischen Niederschlagungsspalt G zwischen der Elektrode 13 und dem Werkstück 14 geschaltet ist. Der Fühlerwiderstand 18 besitzt einen ausgangsseitig angeschlossenen Verstärker 19. Der Ausgang des Verstärkers 19 ist mit einem ersten Eingang 17a eines UND-Gliedes 17 verbunden, dessen zweiter Eingang 17b Steuer- bzw. Regelimpulse vom Impulsgenerator 16 erhält. Der Verstärker 19 besitzt hier eine Diskriminatorwirkung zum Diskriminieren der Größe des Spaltstroms oder galvanischen Niederschlagungsstroms, der durch den Fühlerwiderstand 18 erfaßt wird, gegenüber einem voreingestellten Wert derart, daß beispielsweise dann, wenn der Spaltstrom diesen Wert überschreitet, ein "0"-Signal entsteht, das dem ersten Eingang 17a zugeführt wird, um den Durchtritt und das Anlegen der Steuer- bzw. Regelimpulse vom Impulsgenerator an die Schalteinrichtung 12 zu sperren, um dadurch die Frequenz oder das Impulsdauer/Impulspausen-Verhältnis der am galvanischen Niederschlagungsspalt G anliegenden Impulse zu verringern.

809809/1104

- 10 -

73

Dadurch ergibt sich eine verbesserte Gleichförmigkeit der durch galvanischen Niederschlag auf dem Werkstück 14 aufgetragenen Schicht.

Die Schaltungsanordnung gemäß Fig. 6 verwendet einen Zerhackerverstärker 20, dem eine Bezugsspannungsquelle 21 und ein Fühlerwiderstand 18 zugeordnet sind. Der Vergleich der Bezugsspannung 21 mit der über dem Fühlerwiderstand 18 abfallenden Spannung abhängig von der Größe des galvanischen Niederschlagungsstroms, der zwischen der Elektrode 13 und dem Werkstück 14 fließt, löst durch den Zerhackerverstärker 10 ein gesteuertes bzw. geregeltes Ein- und Ausschalten der Schalteinrichtung 12 mit veränderbaren Ein-/Ausschaltzeiten aus, wie beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5. Als Zerhackerverstärker können herkömmliche handelsübliche Verstärker verwendet werden, wie beispielsweise die Texas Instrument-Typen SG1524, SG2524, SG3524.

In der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 7 wird ein üblicher Multivibrator 22 als Impulsgenerator verwendet, um grundlegende oder Basisumschalt-Steuer- oder Regelimpulse an die Schalteinrichtung 12 anzulegen. Die grundlegenden Umschalt-Regelimpulse und damit die galvanischen Niederschlagungsstromimpulse, die dadurch bestimmt sind, werden wie bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen verändert, und zwar hier mittels eines Vergleichers 23, der die Bezugsspannung, die über einer Z-Diode 24 abfällt, mit der Spannung über dem Fühlerwiderstand 18 vergleicht, der von der Größe des durch den Spalt G fließenden galvanischen Niederschlagungsstroms abhängt.

In Fig. 8 ist eine andere Ausführungsform einer Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

809809/1104

- 11 -
74

wiedergegeben. Bei dieser Schaltungsanordnung bilden, die Elektrode 13 und das Werkstück 14 wieder einen galvanischen Niederschlagungsspalt G zwischen sich und sind in Reihe geschaltet mit einer elektronischen Schalteinrichtung 12, die hier durch drei Transistoren 12a, 12b, 12c gebildet ist, und mit einer Gleichstromquelle 11. Die Schalteinrichtung 12 wird ein- und ausgeschaltet durch einen Impulsgenerator 16, der ein Multivibrator mit Zeiteinstellgliedern 16' sein kann, die hier durch drei Paare 16a, 16b, 16c eines Transistors und eines Widerstands gebildet sind, die parallel zueinander geschaltet sind und die selektiv betätigbar sind. Der Widerstandswert der Widerstände dieser Paare 16a, 16b, 16c ist auf verschiedene Werte so eingestellt, daß bei Einschalten des Paares 16a die Impulspause des Impuls- generators einen Minimalwert, daß bei Einschalten des Paares 16c diese einen Maximalwert, und daß bei Einschalten des Paares 16b diese einen Mittelwert besitzt.

Am Ausgang des Impulsgenerators 16 sind drei Logikglieder 17a, 17b, 17c vorgesehen, um das Ausgangssignal den drei Schalt-Transistoren 12a, 12b bzw. 12c zuzuführen. Diese Logikglieder besitzen jeweils einen zusätzlichen Eingangsanschluß a, b bzw. c und sind jeweils gesetzt, wenn der entsprechende Eingangsimpuls anliegt. Die Transistor-Schalter 12a, 12b, 12c sind weiter jeweils reihengeschaltet mit Widerständen R_1 , R_2 bzw. R_3 , die unterschiedliche Widerstandswerte besitzen, die die Größe der dem Spalt G zugeführten Stromimpulse bestimmen.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Reihenschaltung einer Hilfsspannungsquelle 26 und eines Transistors 27

809809/1104.

- 18 -
75

Über den Spalt G angeschlossen. Der Transistor 27 ist so ausgeführt, daß er durch die in der Phase umgekehrten Signale der Ausgangsimpulse des Impulsgenerators 16 ein- und ausgeschaltet bzw. durchgeschaltet und gesperrt wird, die über einen Phasenumkehrtransistor 31 auftreten, derart, daß die Spannung von der Hilfsspannungsquelle 26, die als Prüfspannung dient, über dem Spalt G auftritt während jeder Impulspause des galvanischen Niederschlagungsstromimpulses. Der Widerstandswert oder Impedanzwert während der Impulspause wird so selektiv erfaßt an einem weiteren Widerstand 28, der kurzgeschlossen ist während der Impulsdauer mittels eines weiteren Transistors 29, der durch den Einschaltimpuls vom Impulsgenerator 16 durchgeschaltet wird. Der Erfassungs-Widerstand 28 bzw. dessen Widerstandswert wird einer Diskriminatoreinheit 30 zugeführt, die aus drei Schwellenwertschaltungen 30a, 30b, 30c besteht, die durch Schmitt-Triggerschaltungen gebildet sind, die unterschiedliche Schwellenwert- oder Trigger-Spannungspegel $V_{30a} > V_{30b} > V_{30c}$ besitzen und die jeweils Ausgangsanschlüsse a, b bzw. c besitzen.

Im Betrieb wird jedesmal, wenn der Niederschlagungsstrom ausgeschaltet wird, der Schalt-Transistor 27 durchgeschaltet, damit die Prüfspannung von der Hilfsspannungsquelle 26 über den Spalt G angelegt wird, während der Schalt-Transistor 29 gesperrt ist. Eine Spannung proportional der Spaltspannung fällt dann über dem Widerstand 28 ab und wird durch die Diskriminatoreinheit 30 diskriminiert oder unterschieden. Daher tritt, wenn der Spalt G unter Normalbedingung ist, ein "1"-Signal am Ausgang b auf, um den Schalttransistor des Paares 16b durchzuschalten, um dadurch die Impulspause auf einen vorgegebenen mittleren Wert einzustellen. Gleichzeitig

809809/1104

- 13 -
76

setzt das "1"-Signal am Ausgang b selektiv, das Logikglied 17b damit der Schalt-Transistor 12b allein betätigt wird. Ein impulsförmiger galvanischer Niederschlagungsstrom fließt dann, der eine Größe hat, die durch den Widerstand R_2 bestimmt ist.

Wenn der Spalt G unter der Hochimpedanz-Bedingung ist, tritt ein "1"-Signal am Ausgang a auf zur Betätigung des Einstell-Paars 16a, um die Impulspause auf einen vorgegebenen durch dieses Paar 16a erreichten verringerten Wert einzustellen. Das "1"-Signal am Ausgang a setzt außerdem selektiv das Logikglied 17a, damit der Schalt-Transistor 12a allein schaltungsgesteuert ist. Ein gepulster oder impulsförmiger galvanischer Niederschlagungsstrom fließt dann, der eine erhöhte Größe besitzt, die durch den Widerstand R_1 erreicht ist. Eine Folge von Impulsen, die verändert sind, wenn der Spalt G unter einer Hochimpedanz-Bedingung ist, ist in Fig. 9A dargestellt.

Wenn der Spalt G unter einer Niederimpedanz-Bedingung ist, entsteht ein "1"-Signal am Ausgang c zur Betätigung des Einstell-Paars 16c, wodurch die Impulsdauer auf einen vorgegebenen durch dieses Paar 16c erreichten höheren Wert eingestellt wird. Simultan wirkt das "1"-Signal am Ausgang c zum selektiven Setzen des Logikglieds 17c, damit der Schalttransistor 12c allein angesteuert wird.

Ein impulsförmiger galvanischer Niederschlagungsstrom fließt dann, der eine verringerte Größe besitzt, die durch den Widerstand R_3 bestimmt ist. Eine Impulsfolge, die verändert ist, wenn der Spalt G unter einer Niederimpedanz-Bedingung ist,

2739427

- 14 -

77

ist in Fig. 9C dargestellt. Der Signalverlauf gemäß Fig. 9B zeigt eine Impulsfolge unter normaler Spaltbedingung.

Galvanische KupfERNiederschlagung wurde durchgeführt unter Verwendung einer Impuls-Schaltungsanordnung gemäß Fig. 8, 9 und es wurden dabei hervorragende Ergebnisse erreicht, beispielsweise mit einer Impulsdauer von 10 μ s und einem Impulspausen/Impulsdauer-Verhältnis von 1/1 unter Normalimpedanz-Spaltbedingung einem erhöhten Impulspause/Impulsdauer-Verhältnis von 5/1 unter Niederimpedanz-Spaltbedingung und einem verringerten Impulspausen/Impulsdauer-Verhältnis von 0,3/1 unter Hochimpedanz-Spaltbedingung.

809809/1104

⁷⁸
Leerseite

Nummer:

27 39 427

Int. Cl.2:

C 25 D 5/18

Anmeldetag:

1. September 1977

Offenlegungstag:

2. März 1978

23

Patentanwalte
BEETZ-LAMPRECHT-BEETZ
8000 München 22 - Steindorferstr. 10

27. SEP. 1977

NACHGEZEICHT

FIG. 1

2739427

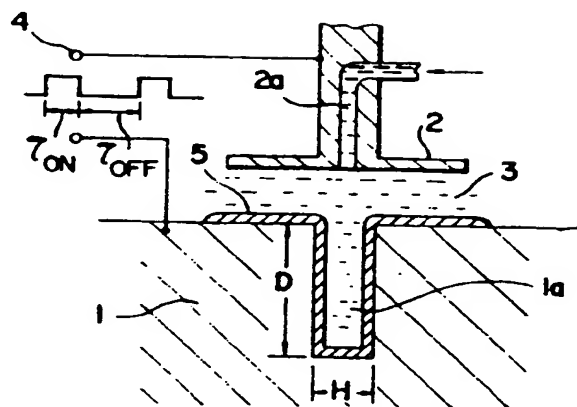
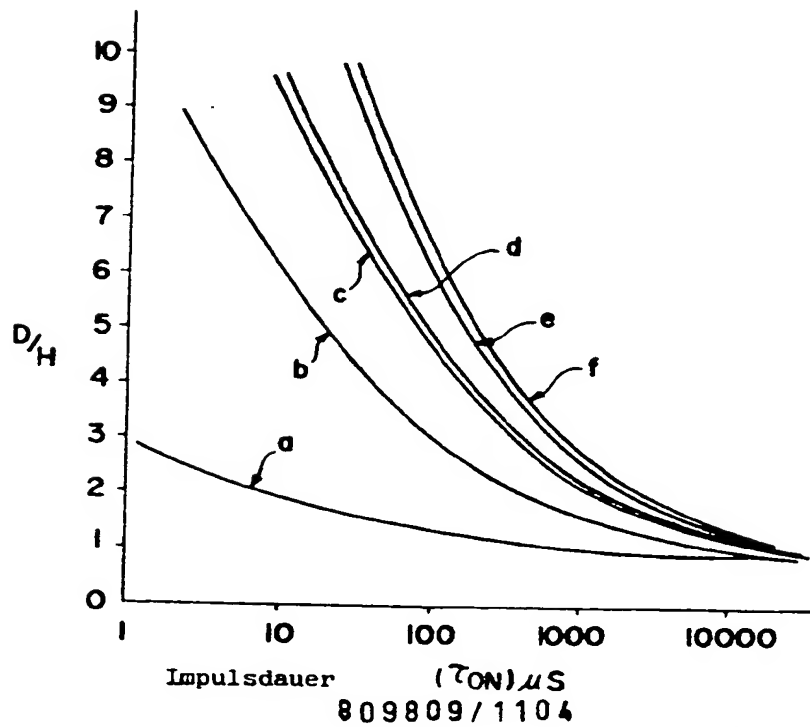


FIG. 2



P 27 39 427.0

19
FIG. 3

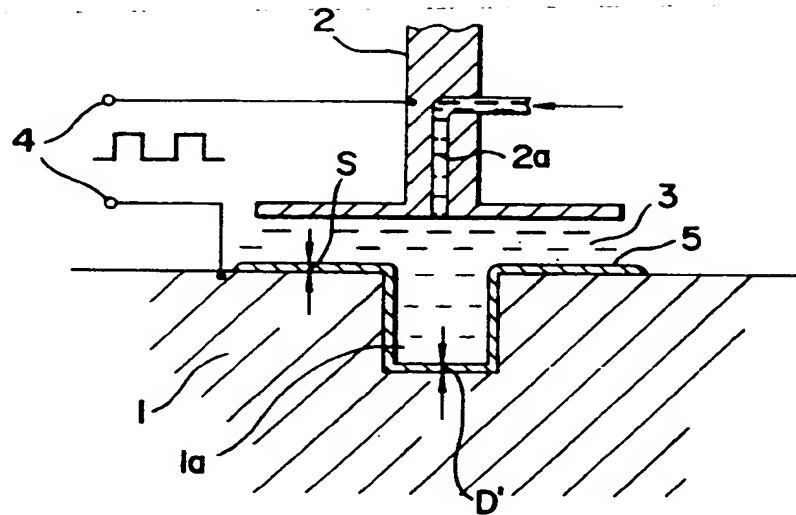
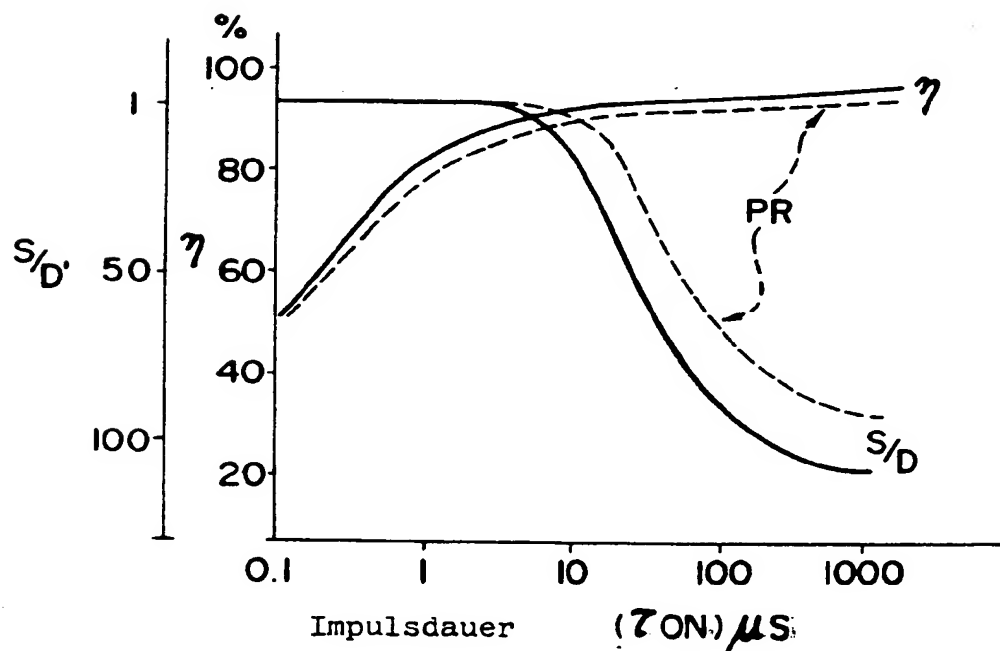


FIG. 4



809809/110.4

20
 FIG. 5

2739427

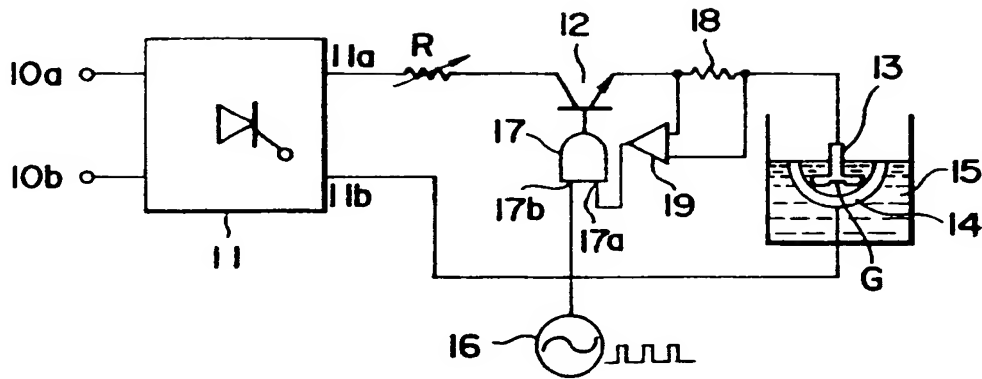


FIG. 6

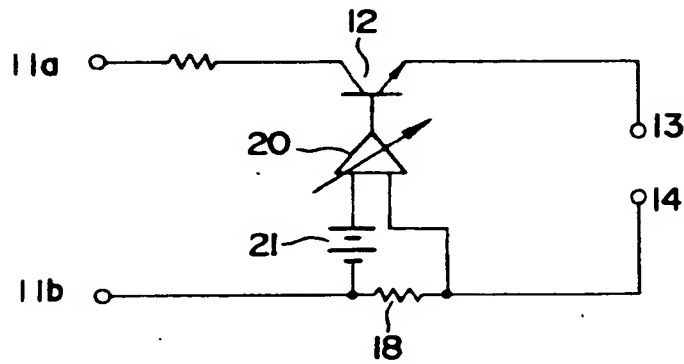


FIG. 7

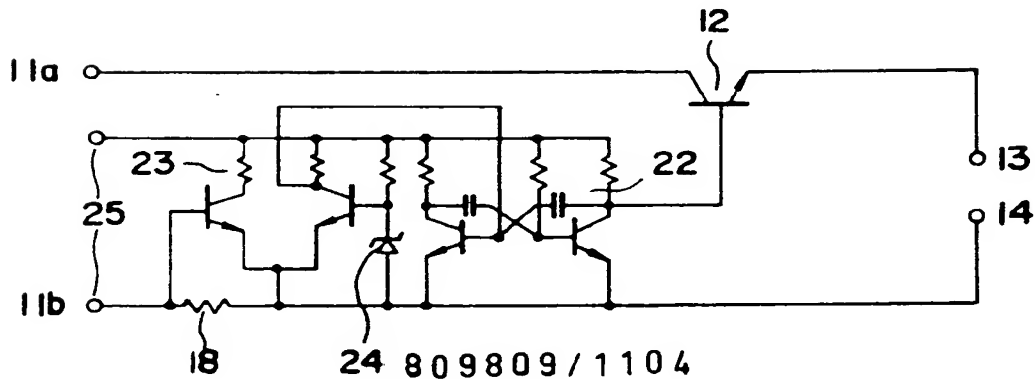
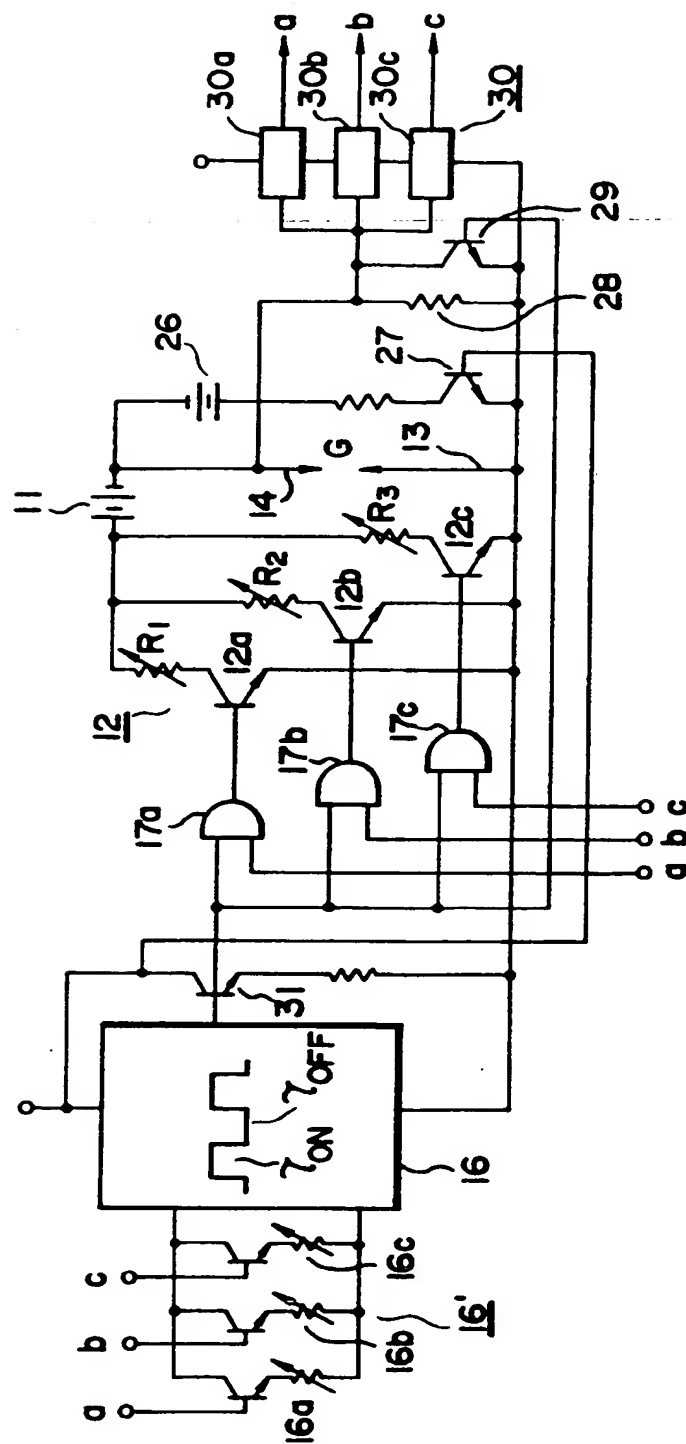


FIG. 8



NACHGEREICHT

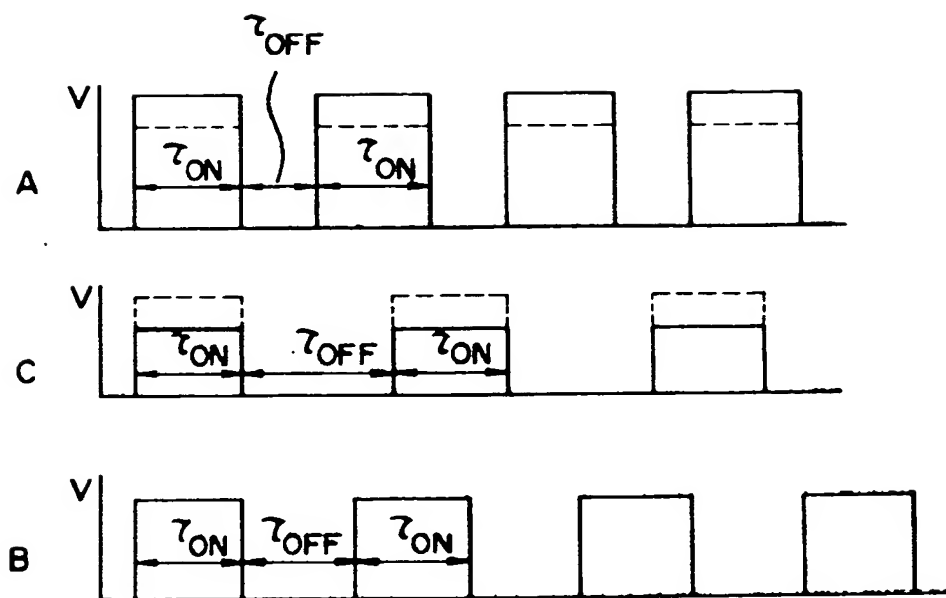
2739427

92739427.0

809809/1104

- 22 -

FIG. 9



809809/1104